



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 2


Ano 2019

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
CAPÍTULO 2	15
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
CAPÍTULO 3	24
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
CAPÍTULO 4	35
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
CAPÍTULO 5	49
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
CAPÍTULO 6	59
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

CAPÍTULO 7	68
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite	
Marcos Vinícius Cândido Henriques	
DOI 10.22533/at.ed.64819103097	
CAPÍTULO 8	78
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.64819103098	
CAPÍTULO 9	86
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves	
Luiz Fernando Gonçalves Pereira	
Letícia Lopes Alves	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
Daniel Rodrigues Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.64819103099	
CAPÍTULO 10	94
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
Taynara Mara Vieira	
Rodinei Augusti	
Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel	
Ana Cláudia Bernardes Silva	
Cristiane Medina Finzi Quintão	
DOI 10.22533/at.ed.648191030910	
CAPÍTULO 11	105
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Williams da Siva Ribeiro	
Manoel Leão Lopes Junior	
Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Fabiane da Trindade Pinto	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Haroldo da Silva Ripardo Filho	
Carlos Vinicius Machado Miranda	
Jéssica de Souza Viana	
DOI 10.22533/at.ed.648191030911	

CAPÍTULO 12 116

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva
Vanessa Borges Vieira
Aline Aparecida Carvalho França
Talita Teixeira da Silva
Mayrla Letícia Alves de Oliveira
Roberta Yonara Nascimento Reis
Maria de Sousa Santos Bezerra
Fabiana Matos de Oliveira
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Francielle Aline Martins

DOI 10.22533/at.ed.648191030912

CAPÍTULO 13 128

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Rafaella Costa Bonugli-Santos
Felipe Justiniano Pinto
Daniele da Luz Silva
Ana Letícia Fernandes
Renato Malveira Carreiro do Nascimento
Mariana Gabriely da Silva Menezes

DOI 10.22533/at.ed.648191030913

CAPÍTULO 14 138

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz
Bruno Borsatti Chagas

DOI 10.22533/at.ed.648191030914

CAPÍTULO 15 144

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Luanda Ferreira Floro da Silva
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.648191030915

CAPÍTULO 16 157

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão
Alfredo Quaresma da Silva Neto
Maria Aurora Santos da Mota

DOI 10.22533/at.ed.648191030916

CAPÍTULO 17 170

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva
Joyce Kelly do Rosário da Silva
Rosa Helena Veras Mourão
José Guilherme Soares Maia
Pablo Luis Baia Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.648191030917

CAPÍTULO 18 182

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos
Rafael Marcus Schwabe

DOI 10.22533/at.ed.648191030918

CAPÍTULO 19 195

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Rosemeire dos Santos Almeida
Ivanei Ferreira Pinheiro
Karen Segala
Walter Ricardo Brito
Marcos Akira d'Ávila

DOI 10.22533/at.ed.648191030919

CAPÍTULO 20 204

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel
Ricardo Alves Maurício
Clédson Lucena de Araújo
Fiana Raissa Coelho Pereira
Eduardo Maurício Gadelha
Geovanna Maria Andrade de Oliveira
Lígia Raquel Rodrigues Santos
Matheus Monteiro da Silva
Raniere Fernandes Costa
Walesca Ferreira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.648191030920

CAPÍTULO 21 214

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni^{II}(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)₂] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva
Yan Fraga da Silva
Manoel Henrique dos Santos Galvão
Thais Teixeira da Silva
Sâmia Dantas Braga
Maria das Dores Alves de Oliveira
Juliana Pereira da Silva
Cristina Vidal da Silva Neta
João Clécio Alves Pereira
Geraldo Eduardo da Luz Júnior
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior
Nouga Cardoso Batista

DOI 10.22533/at.ed.648191030921

CAPÍTULO 22 228

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva
Kelly das Graças Fernandes Dantas

DOI 10.22533/at.ed.648191030922

CAPÍTULO 23 241

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos
Elza Brandão Santana
Rafael Alves do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Lênio José Guerreiro de Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.648191030923

CAPÍTULO 24 254

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.648191030924

CAPÍTULO 25 268

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira
Fernando Lopes Santana
Mario Luiz Pereira Souza
Renan Zuba Parrela
Saulo Fernando dos Santos Vidal

DOI 10.22533/at.ed.648191030925

CAPÍTULO 26	280
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
DOI 10.22533/at.ed.648191030926	
CAPÍTULO 27	286
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
DOI 10.22533/at.ed.648191030927	
CAPÍTULO 28	296
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.648191030928	
CAPÍTULO 29	303
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
DOI 10.22533/at.ed.648191030929	
CAPÍTULO 30	316
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.648191030930	

CAPÍTULO 31	323
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
Lucilaine Goin Abitante Mariele Josiane Fuchs Elizangela Weber Cláudia Maria Costa Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.648191030931	
CAPÍTULO 32	335
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
Claudiany Calaça de Sousa Ennio Willian Lima Silva	
DOI 10.22533/at.ed.648191030932	
CAPÍTULO 33	352
COMPUTATIONAL METHOD H_{∞} APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
Rildenir Silva Ivanildo Abreu Cristovam Filho	
DOI 10.22533/at.ed.648191030933	
CAPÍTULO 34	363
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
Roberto Ananias Ribeiro Fernanda Barbosa Damaceno	
DOI 10.22533/at.ed.648191030934	
CAPÍTULO 35	374
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
Aline Estefany Brandão Lima Roberta Yonara Nascimento Reis Maria Joseíta dos Santos Costa João Paulo Carvalho Moura Luis Jefferson da Silva Reginaldo da Silva Santos Laécio Santos Cavalcante Elson Longo da Silva Geraldo Eduardo da Luz Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.648191030935	
SOBRE O ORGANIZADOR	384
ÍNDICE REMISSIVO	385

METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Paulo Roberto de Oliveira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de
Química e Biologia, Rua Deputado Heitor de
Alencar Furtado, 5000, CEP 81280-340, Curitiba-
PR

Elise Ane Maluf Rios

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de
Química e Biologia, Rua Deputado Heitor de
Alencar Furtado, 5000, CEP 81280-340, Curitiba-
PR

Fernanda Joppert Carvalho de Souza

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de
Química e Biologia, Rua Deputado Heitor de
Alencar Furtado, 5000, CEP 81280-340, Curitiba-
PR

Renan Vidal Viesser

Instituto de Química, Universidade Estadual de
Campinas, Caixa postal 6154, CEP 13083-970,
Campinas, SP

Patrick Rodrigues Batista

Departamento de Química Fundamental, Instituto
de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof.
Lineu Prestes, Caixa Posta 748, CEP: 05508-000,
São Paulo, SP

RESUMO: Os biocombustíveis oriundos da biomassa há algum tempo vem atingindo um papel de destaque na matriz energética

mundial, principalmente por diminuir a dependência de combustíveis fósseis. Entre eles, destaca-se o biodiesel, proveniente da reação de transesterificação de um óleo vegetal ou animal com um álcool produzindo ésteres alquílicos e a glicerina como coproduto. A crescente valorização do biodiesel aumentou a produção de glicerina. O grande obstáculo da utilização desta glicerina é a pureza. Neste trabalho a glicerina bruta foi obtida através da reação entre o óleo de soja refinado com o metanol usando hidróxido de potássio como catalisador. A glicerina bruta apresentou um baixo teor de glicerol (55%). Com o processo de purificação usando uma relação molar 1:1 de ácido fosfórico/catalisador residual obteve-se uma glicerina ácida com 59% de glicerol. O processo de neutralização da glicerina ácida foi mais eficiente com 5% Na_2CO_3 por 1 h a 75°C , gerando uma glicerina com teor de glicerol de 65% e sem acidez. As purificações com materiais adsorventes mostraram que o carvão ativado é mais eficiente. O maior teor de glicerol obtido foi de 98% através da dupla purificação da glicerina neutralizada, usando 1% de carvão ativado por 3 horas a 80°C . Na purificação simples o teor de glicerol já era de 96%. Dentre os processos de destilação, observou-se que a destilação fracionada (99% de glicerol) foi mais eficiente que a destilação simples e foi um pouco mais eficiente também, que o processo

de purificação como o carvão ativado.

PALAVRAS-CHAVE: Glicerina. Glicerol. Biodiesel. Hidrólise Ácida. Carvão ativado.

PURIFICATION METHODOLOGY OF GLYCERIN GENERATED AS COPRODUCT IN BIODIESEL PRODUCTION

ABSTRACT: Biofuels of biomass have for some time been playing a prominent role in the world's energy matrix, mainly by reducing dependence on fossil fuels. Among them, it stands out the biodiesel from the transesterification reaction of a vegetable or animal oil with an alcohol producing alkyl esters and glycerin as a co-product. The growing appreciation of biodiesel increased the production of glycerin. The major obstacle to the use of this glycerin is its purity. In this work the crude glycerin was obtained by reacting the refined soybean oil with methanol using potassium hydroxide as the catalyst. Crude glycerol had a low glycerol content (55%). Purification using a 1:1 molar ratio of phosphoric acid/residual catalyst yielded an acidic glycerin with 59% glycerol. The acid glycerin neutralization process was more efficient with 5% Na₂CO₃ for 1 h at 75 °C, generating a glycerin with a glycerol content of 65% and no acidity. Purifications with adsorbent materials showed that coal is more efficient. The highest glycerol content obtained was 98% by the double purification of the neutralized glycerin, using 1% activated charcoal for 3 hours at 80 °C. In simple purification the glycerol content was already 96%. Among the distillation processes, it was observed that the fractional distillation was more efficient than the simple distillation and was a little more efficient than the purification process as the activated charcoal because it had a glycerol content of 99%.

KEYWORDS: Glycerin. Glycerol. Biodiesel. Acid Hidrolysis. Activated charcoal

1 | INTRODUÇÃO

O século XIX foi marcado pela Revolução Industrial, onde a passagem da manufatura para a maquinofatura transformou radicalmente a vida dos que viveram naquela época. O século XX consolidou as atividades industriais e todas as suas consequências, aprimorando técnicas e processos, revolucionando o cenário da época e contando ainda com mais uma fonte de energia, os combustíveis fósseis. O século XXI é marcado pelo incentivo e obtenção de energia de uma forma mais limpa e preocupada com o meio ambiente, colocando em prática o conceito de sustentabilidade (MOTA; MONTEIRO, 2013, p. 1483).

A partir desse pensamento menos extrativista e pró meio ambiente, o interesse em combustíveis oriundos de fontes renováveis ganhou grande destaque no cenário mundial. Países buscam maneiras viáveis de conciliar o seu desenvolvimento com práticas mais sustentáveis. Com essa política, o biodiesel, substância formada através da reação de transesterificação de triglicerídeos de fonte animal ou vegetal com um álcool, geralmente metanol ou etanol, se tornou um produto altamente

valorizado (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015).

A produção de biodiesel no Brasil ganhou força com a criação do Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel, em 2004 e pela Lei 11.097, de 13/05/2005, que estabeleceu a implantação de 2% em volume de biodiesel ao óleo diesel em qualquer parte do território nacional a partir de 2008. Em março de 2018 o diesel comercializado no país já contava com 10% de biodiesel no seu volume total (AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2019).

Entretanto, o incentivo do governo para promover a substituição gradativa do diesel pelo biodiesel, não contava com a falta de mercado para o coproduto da reação de transesterificação: a glicerina. O acúmulo de glicerina talvez não dificulte somente a indústria do biodiesel, mas também poderá gerar um problema econômico e ambiental. Sendo assim, vários processos estão sendo estudados visando aprimorar a produção de biodiesel de forma econômica e ambientalmente correta (CORMA *et al.*, 2008).

O motivo do qual a glicerina pode ser vista como um problema ambiental é devido as impurezas presentes logo após o seu processo de obtenção (LIN, 2013, p. 2678). O produto obtido consiste de uma mistura de glicerol, álcool (metanol ou etanol), água, sais inorgânicos provenientes dos catalisadores empregados (hidróxido de potássio ou de sódio), mono-, di- e triglicerídeos que não reagiram completamente, ácidos graxos livres, ésteres metílicos e etílicos e outras substâncias que podem ser encontradas dependendo da natureza do óleo e do procedimento efetuado (MANOZAK; LIMPATTAYANATE; HUNSOM, 2011, p. 92).

1.1 Processos de purificação da glicerina

Vários métodos são utilizados para a purificação da glicerina, entre eles destacam-se as resinas de troca iônica, separação por membrana e a destilação.

O processo utilizando resinas de troca iônica torna-se inviável quando a glicerina bruta apresenta alto teor de sais dissolvidos. Dentre os processos de destilação e separação por membrana o primeiro processo é mais efetivo. Um processo altamente empregado é a destilação a vácuo, que fornece uma glicerina com teor de glicerol de aproximadamente 99% (POTT; HOWE; DENNIS, 2014, p. 464).

Outros processos também podem ser aplicados tais como a neutralização, secagem, saponificação, extração com solvente polar e adsorção (STOJKOVIC *et al.*, 2014).

A purificação com materiais adsorventes tem se tornado uma alternativa interessante, pois elimina a necessidade de utilizar água no processo, não gera efluentes líquidos (ANDRADE *et al.*, 2015).

2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi definir uma metodologia para a purificação da glicerina proveniente das plantas produtoras de biodiesel, para aumentar o teor de glicerol e agregar valor a este produto.

3 | METODOLOGIA

3.1 Produção do biodiesel e da glicerina em escala de bancada a partir do óleo de soja refinado

230 mL de solução metanólica contendo 2,6% de hidróxido de potássio foram adicionados em um reator contendo 820 g de óleo de soja refinado. A reação foi mantida sobre agitação mecânica a 300 rpm a uma temperatura de 45°C por 1 hora. Neste processo de transesterificação foram mantidas as razões molares óleo/metanol de 1:6 e a relação catalisador/óleo de 0,7% em massa (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005, p. 19).

Após o término da reação, a mistura foi transferida para um funil de separação para a separação das fases e posterior retirada da glicerina bruta presente na fase inferior. O metanol residual foi removido utilizando um evaporador rotatório.

3.2 Purificação da glicerina bruta

A purificação da glicerina bruta foi realizada com ácido fosfórico 85%. Esta etapa é conhecida como hidrólise ácida por que hidrolisa todos os mono-, di- e triacilglicerídeos que possam estar presentes na glicerina.

Para determinar a quantidade de catalisador residual e conseqüentemente a quantidade necessária de ácido fosfórico a ser utilizado na hidrólise realizou-se uma titulação de 1 g de glicerina bruta com uma solução de ácido clorídrico de 0,025 mol L⁻¹.

Foram realizadas quatro hidrólises com relações molares de ácido fosfórico/catalisador residual de 1:3; 1,5:3; 2:3 e 1:1.

Em quatro béqueres de 100 mL foram adicionados 40 g de glicerina e 2,5; 3,7; 4,9 e 7,4 mL de H₃PO₄ 85%. Cada mistura foi colocada em um banho de silicone e mantida a 60° C por 0,5 horas sob agitação. Posteriormente a mistura foi transferida para uma proveta para avaliar a separação das fases ácidos graxos (fase superior), glicerina ácida (fase do meio) e fosfato de potássio (fase inferior). A mistura permaneceu nesta proveta por 0,5 horas em repouso (VIESSER, 2010).

Após a definição da proporção de ácido fosfórico/catalisador residual que fornece a melhor separação entre as fases ácidos graxos livres, glicerina e fosfato de potássio, toda a glicerina produzida no item 3.1 passou pelo processo de hidrólise

ácida. Este processo foi realizado em um reator de 2 L seguindo as mesmas condições especificadas anteriormente. Depois da hidrólise, a mistura aquecida foi transferida para uma garrafa pet, onde houve a separação das 3 fases durante o processo de resfriamento a temperatura ambiente. A glicerina ácida, presente na fase do meio, foi retirada da garrafa pet através de uma perfuração e armazenado em frasco âmbar fechado.

3.3 Neutralização da glicerina ácida

Após o processo de hidrólise ácida da glicerina bruta, a glicerina ácida precisou ser neutralizada. Para isto foi realizado um estudo com três sais básicos, o carbonato de sódio (Na_2CO_3), bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e carbonato de cálcio (CaCO_3) para verificar qual seria o agente neutralizante mais eficiente neste processo de neutralização.

O processo de neutralização foi realizado em béqueres de 50 mL contendo 7 g de glicerina ácida e diferentes quantidades do agente neutralizante. Neste processo a mistura foi mantida sobre agitação por 1 hora. Foram realizados diferentes experimentos, variando a proporção do agente neutralizante (2,5%, 5% e 10%) em relação a massa da glicerina ácida, variando o tempo (1; 3,5 e 7 horas) e a temperatura (25 e 75°C).

Para verificar a acidez da glicerina neutralizada realizou-se a titulação de 1 g de glicerina neutralizada com uma solução de NaOH 0,1 mol/L seguindo a norma Cd3d-63 da *American Oil Chemists Society* (AOCS).

3.4 Purificação da glicerina neutralizada com adsorventes (SOUZA, 2013)

A influência dos adsorventes na purificação da glicerina neutralizada foi avaliada utilizando os adsorventes atapulgita e o carvão ativado. O processo de purificação por adsorventes foi realizado em béqueres de 50 mL contendo 20 g de glicerina neutralizada e diferentes quantidades do material adsorvente. Neste processo a mistura foi mantida sobre agitação por uma temperatura constante de 80°C por um determinado período de tempo. Após a purificação, a glicerina purificada foi filtrada a vácuo.

Foram realizados diferentes experimentos, variando a proporção do adsorvente (1%, 3% e 5% para atapulgita e 0,5%; 1% e 3% para o carvão ativado) em relação a massa da glicerina neutralizada, e do tempo (1h e 2h para atapulgita, 0,5h; 1h; 2h; e 3h para o carvão ativado, e 0,5h; 1h; 2h e 3h sem adição de adsorvente).

3.5 Purificação da glicerina por destilação a vácuo

Na etapa de purificação por destilação a vácuo, 40 g da amostra de glicerina purificada no processo de adsorção foi transferida para um balão de fundo redondo de 250 mL. Posteriormente o balão foi conectado a um sistema de destilação simples, contendo um banho de silicone e uma chapa de aquecimento e agitação.

A temperatura do banho foi de 185°C e a temperatura em que a amostra destilou foi de 131°C em uma pressão de 25 mmHg. Este processo forneceu a glicerina monodestilada. Esta glicerina foi redestilada. A temperatura do banho foi de 172°C e a temperatura em que a amostra destilou foi de 118 °C em uma pressão de 25 mmHg. Assim obteve-se a glicerina bidestilada.

Na etapa de purificação por destilação fracionada, o procedimento se deu de forma semelhante ao da destilação simples substituindo uma coluna simples por uma coluna fracionada (vigreux). A temperatura do banho foi de 195°C e a temperatura em que a amostra destilou foi de 102 °C em uma pressão de 25 mmHg.

3.6 Determinação do teor de glicerol das amostras

Para determinar o teor de glicerol nas amostras de glicerina obtidas nas diferentes etapas de purificação, utilizou-se um método espectroscópico no comprimento de onda de 410 nm na região do ultravioleta visível (UV/VIS). Foi necessária realizar a reação da glicerina com periodato de sódio (NaIO₄) e acetilacetona em tubo de ensaio para a obtenção do 3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidina de cor verde (BONDIOLI; BELLA, 2005, p. 153).

A curva de calibração foi obtida da seguinte forma: em 10 tubos de ensaio devidamente enumerados foram adicionados 0,0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75 e 2,00 mL da solução de etanol/água 1:1 volume/volume (v/v) contendo 0,03 mg/mL glicerol P.A. Ao tubo de ensaio sem glicerol (branco) foi adicionado 2 mL de etanol/água 1:1 v/v. Aos outros tubos de ensaio foram adicionadas quantidades de etanol/água 1:1 v/v necessárias para se obter um volume final de 2 mL para cada tubo, resultando em concentrações de 0,00387; 0,0077; 0,0116; 0,0155; 0,0193; 0,0232; 0,0271; 0,0309 mg/mL, respectivamente.

Posteriormente, em cada tubo de ensaio, foram adicionados 1,2 mL de uma mistura de soluções de ácido acético 1,6 mol/L e de acetato de amônio 4,0 mol/L, em uma relação 1:1 v/v, contendo periodato de sódio 10 mmol/L. A mistura foi agitada por 30 segundos. Em seguida, foram adicionados 1,2 mL de outra mistura de soluções de ácido acético 1,6 mol/L e de acetato de amônio 4,0 mol/L, em uma relação 1:1 v/v, contendo acetilacetona 0,2 mol/L. Os tubos foram dispostos em um banho termostático a uma temperatura de 70°C por 1 minuto com agitação manual. Após este tempo, os tubos foram resfriados com água a 20°C onde observou-se o aparecimento de uma coloração esverdeada por causa da formação do 3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidina. Após isso foi realizada a leitura no espectrofotômetro UV-Vis, no comprimento de onda de 410 nm.

As concentrações de glicerol, nas amostras de glicerina obtidas nas diferentes etapas de purificação, foram determinadas usando o mesmo procedimento para a obtenção da curva de calibração, sempre usando amostras de glicerina com concentração de 0,03 mg/mL.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Obtenção da glicerina bruta

Foram realizadas 20 reações de transesterificação, utilizando 820 g de óleo de soja refinado e 230 mL de solução de álcool metílico contendo 2,6% de KOH, em cada reação, para a obtenção de 1444 g de glicerina bruta. As reações foram realizadas em um reator com capacidade para 2 L com agitação mecânica e aquecimento através de banho de areia em temperatura de 45 °C por 1 hora.

4.2 Purificação da glicerina bruta

A purificação inicial da glicerina bruta foi realizada com ácido fosfórico 85%. Nesse processo, o ácido, além de reagir com o resíduo do catalisador hidróxido de potássio (KOH) produzindo o fosfato de potássio, reage também com os mono- di- e triacilglicerídeos que não reagiram na reação de transesterificação e com os sabões presentes no coproduto, gerando ácidos graxos livres e glicerina ácida (SEPARATING GLYCERINE/FFAS, 2015).

Para saber quanto de ácido fosfórico é necessário utilizar nesta etapa de purificação foi necessário saber quanto de catalisador residual estava presente na glicerina bruta. Para isto realizou-se a titulação de 1 g de glicerina bruta com HCl 0,025 mol/L onde constatou-se a presença de 0,15 g do catalisador KOH residual. Portanto seriam necessários 0,052 mL de ácido fosfórico 85 % para neutralizar o KOH presente em 1 g de glicerina bruta.

Entretanto, além de neutralizar o KOH é necessário hidrolisar os mono- di- e triacilglicerídeos e sabões presentes na mistura. Portanto, foi necessário realizar o seguinte estudo, cujo objetivo foi determinar qual a melhor quantidade de ácido fosfórico 85 % deve ser adicionada para obter a melhor separação entre as fases dos ácidos graxos, glicerina ácida e do sal fosfato de potássio.

Foram realizados quatro testes envolvendo as razões molares ácido fosfórico/ catalisador residual de 1:3; 1,5:3; 2:3 e 1:1. A Figura 1 mostra os quatro frascos obtidos após o processo de hidrólise ácida.

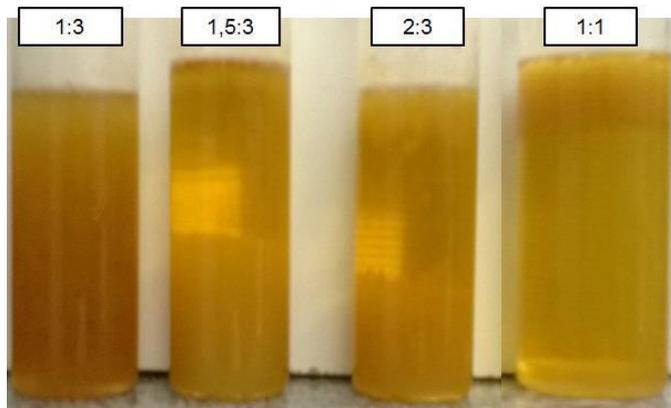


Figura 1. Foto dos frascos mostrando as três fases dos testes nas relações molares 1:3; 1,5:3; 2:3 e 1:1 ácido fosfórico/catalisador residual na hidrólise ácida da glicerina bruta.

Ao comparar os quatro testes pode-se perceber que o teste com proporção 1:3, 1,5:3 e 2:3 mostraram serem eficientes para a neutralização do catalisador KOH residual, mas ainda não o suficiente para a hidrólise dos mono, di- e triacilglicerídeos e os sabões. Já o teste de proporção de 1:1, se mostrou o mais eficiente para a hidrólise e as fases obtidas são bem definidas.

Após saber qual proporção ácido fosfórico/catalisador era a que apresentava os melhores resultados realizou-se a hidrólise ácida de toda a glicerina bruta utilizando 266 mL de ácido fosfórico 85% para 1444 g de glicerina bruta. A hidrólise foi realizada em um reator de 2 litros com agitação mecânica por 0,5 horas. Posteriormente a mistura foi transferida a quente para uma garrafa pet de 2 litros e mantido em repouso por 0,5h a uma temperatura de 60°C para ajudar na separação das fases. Uma perfuração na garrafa pet na posição onde se encontrava a fase do meio, forneceu 1269,32 g de glicerina ácida.

4.3 Neutralização da glicerina ácida

A neutralização da glicerina ácida foi feita com o auxílio de três sais (agentes neutralizantes) com características básicas sendo eles o NaHCO_3 , Na_2CO_3 e o CaCO_3 .

A princípio foi realizado uma titulação da glicerina ácida a fim de determinar a acidez para posterior testes de neutralização com os agentes neutralizantes. A titulação de 1 g de glicerina ácido com uma solução de NaOH 0,1 mol/L forneceu um índice de acidez de 36,5 mg NaOH/g amostra. A Tabela 1 apresenta os índices de acidez das amostras de glicerina após a neutralização nos diferentes experimentos testados.

Exp.	Tempo (h)	% agente neutralizante	Acidez usando NaHCO_3^a	Acidez usando Na_2CO_3^a	Acidez usando CaCO_3^a
1	1	2,5	19,5 (15,7)	13,9 (18,5)	21 (14,4)
2	1	5	13,7 (8,1)	5,5 (0)	12 (3,3)
3	1	10	6,4 (2,3)	0 (0)	26 (6,9)
4	3,5	2,5	19,7 (22,0)	13,5 (17,6)	25 (17,6)
5	3,5	5	8,3 (7,8)	2,5 (0)	25 (8,9)
6	3,5	10	2,6 (16,4)	0 (0)	23 (4)
7	7	2,5	18,9 (17,1)	12,7 (19,5)	13,6 (14,1)
8	7	5	9,3 (16,0)	0 (0)	2,9 (1,5)
9	7	10	1,0 (3,3)	0 (0)	2,7 (0,3)

Tabela 1. Índice de acidez da glicerina após a neutralização com diferentes porcentagens de NaHCO_3 , Na_2CO_3 e CaCO_3 em diferentes tempos, proporções de agente neutralizante e temperaturas.

^a Neutralização a 25° C. Em parênteses a neutralização foi a 75° C.

Através da análise da Tabela 1 pode-se observar que o aumento da proporção em massa dos agentes neutralizante diminui a acidez da glicerina. O melhor resultado utilizando o NaHCO_3 foi o experimento 9, que empregou 10% de NaHCO_3 em uma temperatura de 25° C por 7 horas de reação. Este experimento forneceu um valor de índice de acidez de 1,0 mg NaOH/g.

Ao analisar os resultados obtidos usando o Na_2CO_3 observa-se que os experimentos 3, 6, 8 e 9 se mostraram eficientes ao ponto de realizar a neutralização total da glicerina ácida. Estes valores são menores do que a acidez da glicerina P.A (0,7 mg NaOH/g) (VIESSER, 2010).

Os resultados obtidos utilizando o CaCO_3 mostraram que este processo de neutralização é dependente da temperatura, onde na maioria dos casos os resultados a 75°C foram melhores do que o a 25°C. A influência do tempo de contato também se mostrou determinante para a obtenção de uma amostra com baixo teor de acidez. Os resultados nos tempos de 7 horas a 75°C (experimentos 8 e 9) foram os melhores para a neutralização da glicerina ácida apresentando índices de acidez de 1,5 e 0,3 mg NaOH/g, respectivamente.

Após uma análise de todos os experimentos apresentados na Tabela 1, pode-se observar que o experimento 2, utilizando 5 % do Na_2CO_3 em uma razão m/m do agente neutralizante com relação a glicerina ácida por 1 hora a 75°C mostrou ser o melhor, na relação custo benefício, visto que a quantidade de agente neutralizante foi intermediária e o tempo de contato foi menor. Portanto, para neutralizar 1269,32 g de glicerina ácida foram necessários utilizar 63,5 g de Na_2CO_3 por 1 hora, sobre agitação mecânica, a uma temperatura de 75°C.

4.4 Purificação da glicerina neutralizada

Para obter os teores de glicerol nas diferentes etapas dos processos de purificação foi necessário, primeiramente, construir uma curva de calibração

utilizando a glicerina P.A. com 99,5% de teor de glicerol, para através desta curva de calibração determinar o teor de glicerol das amostras de glicerina purificadas nas diferentes etapas deste trabalho.

A curva de calibração foi adquirida por meio das absorvâncias obtidas, em um espectrômetro UV/VIS, das amostras da glicerina P.A. em concentração entre 0,003 mg/mL e 0,03 mg/mL. Esta curva de calibração gerou a equação $y = -0,1117 + 60,0331x$ que forneceu uma correlação linear de 0,99795.

Os primeiros teores de glicerol foram obtidos para a glicerina bruta (obtida após a reação de transesterificação do óleo de soja refinado com o metanol), a glicerina ácida (obtida através da acidificação da glicerina bruta com ácido fosfórico 85%) e para a glicerina neutralizada (obtida pela neutralização da glicerina ácida com agente neutralizante Na_2CO_3).

Os resultados mostraram que houve um aumento na concentração de glicerol após o processo de acidificação e neutralização. A glicerina bruta foi a que apresenta o menor teor de glicerol (55%), indicando que existe ainda uma grande quantidade de mono-, di- e triacilglicerídeos, resíduos de catalisador, umidade e metanol. Para a glicerina ácida houve um aumento no teor de glicerol (59%) principalmente pela remoção dos mono-, di- e triacilglicerídeos, e resíduos de catalisador. A glicerina neutralizada foi a que apresentou o maior teor de glicerol (64%), provavelmente pela retirada do resíduo de ácido fosfórico que ficou após a acidificação da glicerina bruta.

Os processos de purificação mostrados até agora não foram o suficiente para obter uma glicerina com alto teor de glicerol. Portanto, na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos através da purificação da glicerina neutralizada através do uso dos adsorventes.

Tempo (h)	Com Atapulgita	Teor de Glicerol (%)	Com Carvão ativado	Teor de Glicerol (%)	Com carvão ativado, dupla purificação	Teor de Glicerol (%)
1	1%	67	0,5%	86	0,5%	98
1	3%	61	1%	89	1%	92
1	5%	71	3%	88	3%	95
2	1%	69	0,5%	78	0,5%	93
2	3%	62	1%	84	1%	91
2	5%	62	3%	93	3%	97
3	---	---	0,5%	86	0,5%	90
3	---	---	1%	96	1%	98
3	---	---	3%	86	3%	96

Tabela 2. Teores de glicerol (%) das amostras de glicerina purificadas com atapulgita e carvão ativado a 80°C.

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostraram que a argila atapulgita não foi eficiente na purificação da glicerina neutralizada. Foi possível verificar também que o aumento na porcentagem de atapulgita adicionada não ocasionou maior

teor de glicerol nas amostras analisadas. Estes resultados estão de acordo com outros resultados encontrados na literatura, em que o percentual de glicerol atingiu valores de no máximo 75% para a purificação utilizando argilominerais (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005, p. 19).

Os resultados de teor de glicerol utilizando carvão ativado foram bastante satisfatórios. Para algumas amostras, o teor de glicerol se mostrou bem próximo do teor de glicerol, de 99,5% da glicerina P.A.

Pode-se observar algumas características interessantes da purificação com carvão ativado. O tempo de contato entre a amostra de glicerina e o carvão ativado não mostrou nenhuma relevância na purificação. As amostras com 0,5% de carvão ativado e com 1 hora ou 3 horas de contato, apresentaram teor de glicerol de 86%. O mesmo se dá para as amostras utilizando 3% de carvão ativado em 1 hora (88%) e 3 horas (86%).

Os valores obtidos para o teor de glicerol após purificação com carvão ativado estão de acordo com dados da literatura que apontam valores de 86% utilizando 3% carvão ativado/glicerina (VIESSER, 2010) e 96% de teor de glicerol, também utilizando 3% de carvão ativado/glicerina (SOUZA, 2013). Em ambos os trabalhos, o tempo de contato também não demonstrou ser relevante para a obtenção de maiores teores de glicerol.

Como a purificação com o carvão ativado se mostrou eficiente, realizou-se uma segunda purificação das amostras de glicerina purificada com carvão ativado, utilizando os mesmos parâmetros para cada caso. Os resultados estão apresentados na Tabela 2, na coluna com carvão ativado, dupla purificação.

Os teores de glicerol para as amostras que foram submetidas a dupla purificação com carvão ativado foram superiores a purificação simples. O melhor resultado de teor de glicerol na primeira purificação com carvão ativado (96%) subiu para 98%. Outros excelentes resultados foram obtidos utilizando uma dupla purificação com 0,5% de carvão ativado por 1 hora (98%) e com 3% de carvão ativado por 2 horas (97%).

4.5 Purificação da glicerina neutralizada por processo de destilação

Para efeito de comparação com os resultados obtidos pela purificação com atapulgita e carvão ativado, foram realizados diferentes processos de destilação da glicerina obtida após o processo de neutralização do ácido fosfórico. Pode-se observar que houve um aumento no teor de glicerol de 12% das amostras que passaram por um processo de redistilação simples (97%) quando comparada as amostras que passaram por um único processo de destilação simples (85%). As amostras que passaram por um processo de bidistilação simples apresentaram teores de glicerol na mesma faixa das amostras que passaram pelo processo de dupla purificação com carvão ativado.

Já a amostra que passou por um processo de destilação fracionada foi a que apresentou o maior teor de glicerol deste trabalho, chegando a 99%, muito próximo da glicerina P.A. que é vendida comercialmente.

5 | CONCLUSÃO

A glicerina bruta apresentou um baixo teor de glicerol (55%). Este valor mostrou a necessidade de desenvolver processos de purificação para aumentar o teor de glicerol na glicerina gerada através da produção de biodiesel. Com o processo de purificação ácida se obteve uma glicerina com 59% de glicerol, eliminando o K_3PO_4 e ácidos graxos livres.

A neutralização da glicerina ácida foi mais eficiente com 5% Na_2CO_3 por 1 h a $75^\circ C$, gerando uma glicerina com teor de glicerol de 65% e sem acidez.

A purificação com o carvão ativado é muito mais eficiente do que com a atapulgita. O maior teor de glicerol obtido através da dupla purificação da glicerina neutralizada, usando 1% de carvão ativado por 3 hora a $80^\circ C$, foi de 98%, sendo que na purificação simples o teor de glicerol já era de 96%.

Dentre os processos de destilação, observou-se que a destilação fracionada foi mais eficiente que a destilação simples e foi um pouco mais eficiente também, que o processo de purificação como o carvão ativado, por apresentar um teor de glicerol de 99%.

6 | AGRADECIMENTOS

Fundação Araucária, CAPES e CNPq

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

ANDRADE, I. C.; MORENO, E. A.; SIERRA, J. F.; GUERRERO, C. A.; SODRÉ, J. R. **Purification of glycerol from biodiesel production by sequential extraction monitored by 1H NMR**. Fuel Processing Technology, v. 132, p. 99-104, 2015.

BONDIOLI, P.; BELLA, L. D. **An Alternative Spectrophotometric Method for the Determination of Free Glycerol in Biodiesel**. Eur. J. Sc. Technol., v. 107, p. 153-157, 2005.

CORMA, A.; HUBER, G.; SAUVANAUD, L.; OCONNOR, P. **Biomass to chemicals: catalytic conversion of glycerol/water mixtures into acrolein**. Reaction Network, v. 257, p. 163-171, 2008.

FAIRBANKS, M. Glicerina: **Crescimento do Biodiesel provoca inundação no mercado de glicerina, incentivando a descobrir novas aplicações**. Revista Química e Derivados, Edição n. 487, 2009.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. **Biodiesel de soja - Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19-23. 2005.

LIN, Y. C. **Catalytic valorization of glycerol to hydrogen and syngas.** Hydrogen Energy, v.38, p. 2678- 2700, 2013.

MANOZAK, R.; LIMPATTAYANATE, S.; HUNSOM, M.; **Sequential-refining of crude glycerol derived from waste used-oil methyl ester plant via a combined process of chemical and adsorption.** Fuel Process Technology, v.91, p.92-99, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **BIODIESEL.** Disponível em < www.mme.com.br/programas/biodiesel >. Acesso em: 25 Out. 2015.

MOTA, J. A C.; MONTEIRO, R. S. **Química e Sustentabilidade: Novas Fronteiras em Biocombustíveis.** Química Nova, Rio de Janeiro, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013.

POTT, R. W. M.; HOWE, C. J.; DENNIS, S. J. **The purification of crude glycerol derived from biodiesel manufacture and its use as a substrate by Rhodopseudomonas palustris to produce hydrogen.** Bioresource Technology, v.152, p. 464-470, 2014.

SEPARATING GLYCERINE/FFAS. Disponível em: <http://journeytoforever.org/biodiesel_glycsep.html>. Acesso em: 16 maio 2019.

SOUZA, F. J. C. **Purificação da glicerina obtida como co-produto na produção de biodiesel com óleo de soja refinado.** 2013, 53f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

STOJKOVIC, I. J.; STAMENKOVIC, O.S.; POVRENOVIC, D.S.; VELJKOVIC, V.B. **Purification technologies for crude biodiesel obtained by alkali-catalyzed transesterification.** Renewable & Sustainable Energy, v.32, p. 1-15, 2014.

VIESSER, R. V. **Purificação da fase Glicerina Obtida a Partir da Transesterificação do Óleo de Girassol Semi refinado.** 2010, 90f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

K

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

L

Lama abrasiva 59, 60

M

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

N

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

O

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

P

Polimerização Radicalar 215

R

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

S

Smart Cities 280

T

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-641-6

